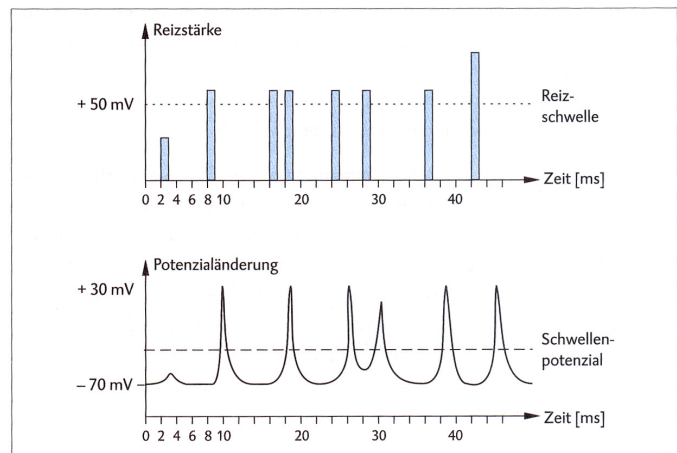
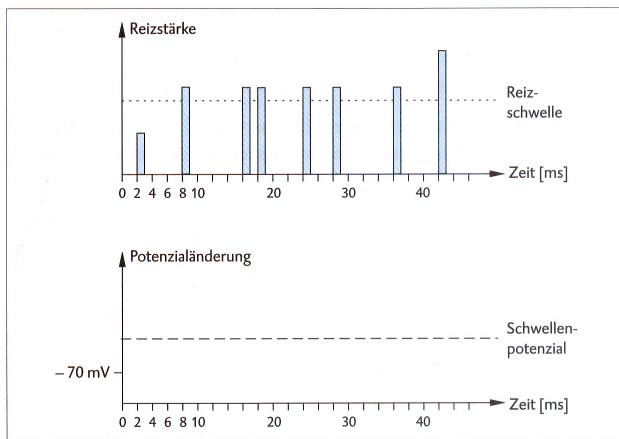


Bioelektrische Grundvorgänge in Neuronen

-Übungsaufgaben-

1. Überprüfen Sie folgende Aussagen über das Zustandekommen des Ruhepotenzials auf ihre Richtigkeit:
 - a) K^+ -Ionen diffundieren durch die Axonmembran, bis es zu einem Konzentrationsausgleich kommt.
 - b) Die Verteilung der Cl^- -Ionen zu beiden Seiten der Membran trägt zum Aufbau des Ruhepotenzials bei.
 - c) Organische Anionen verhindern, dass sich die K^+ -Ionen durch Diffusion von der Membranaußenseite entfernen.
 - d) Das Ruhepotenzial bleibt auch nach der Vergiftung der Na-K-Pumpe über Tage hinweg konstant.
 - e) Die Verteilung der Na^+ -Ionen spielt für die Höhe des Ruhepotenzials nur eine untergeordnete Rolle.
 - f) Das Ruhepotenzial entsteht aufgrund einer elektrischen Reizung des Axons.
2. Überlegen Sie, ob sich der Wert des Ruhepotenzials von -70 mV ändert, wenn man folgende Experimente durchführt. Begründen Sie jeweils Ihre Antwort kurz.
 - 2.1. Zugabe von KCl in das Außenmedium der Nervenzelle.
RP wird positiver: K^+ wandern ins Innere und neutralisieren neg. org. Anionen. Cl^- -Ionen strömen nur in geringem Ausmaß ein und beeinflussen das RP kaum.
 - 2.2. Zugabe von NaCl in das Außenmedium der Nervenzelle.
RP wird etwas negativer: Na^+ und Cl^- wandern in geringem Maß nach innen. Natriumionen werden aber durch Na-K-Pumpe wieder nach außen befördert.
 - 2.3. Zugabe von Ammoniumchlorid (NH_4Cl) in das Innenmedium der Zelle.
RP wird geringfügig positiver: Weniger Chloridionen wandern ins Zellinnere und erhöhen die negative Ladung weniger stark.
3. Wie wirkt sich eine Temperaturniedrigung auf das Ruhepotenzial aus? Begründung!
Keine Änderung, aber langsamerer Aufbau: Bei niedrigeren Temperaturen laufen chemisch-physikalische Vorgänge langsamer ab, auch die Wanderung von Ionen durch die Axonmembran.
4. Eine Nervenfasern wird in eine schwache Blausäurelösung (Cyanwasserstoffsäure) gelegt. Wird das Messgerät eine andere Spannung als -70 mV anzeigen? Begründen Sie kurz!
Das Messgerät wird eine andere Spannung anzeigen: Cyanidionen der Blausäure hemmen die ATP-Bildung in der Atmungskette der Zellatmung. Steht keine Energie in Form von ATP zur Verfügung, kann die Na-K-Pumpe nicht arbeiten. Einstömende Na^+ -Ionen werden nicht mehr nach außen transportiert. RP wird nach und nach positiver.
5. Wie wird das Ruhepotenzial einer Nervenzelle beeinflusst, wenn man destilliertes Wasser in das Außenmedium träufelt? Begründen Sie ihre Antwort genau!
Alle Konzentrationen im Außenmedium werden verdünnt. Die Kaliumionenkonzentration im Außenmedium sinkt. Es wandern mehr Kaliumionen von innen nach außen. Folge: das RP wird negativer, da mehr org. Anionen im Vergleich zu positiven Kaliumionen übrigbleiben.
6. Am freipräparierten Tintenfischaxon lässt sich über längere Zeit immer das gleiche Ruhepotenzial messen. Bei Abwesenheit von Sauerstoff und ansonsten gleich bleibenden Versuchsbedingungen wird das Ruhepotenzial nach einiger Zeit positiver. Geben Sie hierfür eine Erklärung!
Bei Abwesenheit von Sauerstoff wird im Organismus keine Energie freigesetzt. Aus diesem Grund kann kein ATP aufgebaut werden. Fehlt ATP kann die Na-K-Pumpe nicht arbeiten. Das RP wird positiver (vgl. Aufg. 4)
7. In der folgenden Abbildung sind die an einem Nerv angelegten künstlichen Reizspannungen wiedergegeben.



- 7.1. Übernehmen Sie den unteren Teil der Abbildung in Ihre Aufzeichnungen und zeichnen Sie die im Axon auftretenden Potenzialänderungen ein, die auf einem Messgerät registriert werden (Messwerte ergänzen!).
- 7.2. Wie muss die genaue Anordnung der zuführenden und ableitenden Elektroden aussehen?
 Intrazelluläre Reizelektrode muss mit positivem Pol der Reizquelle verbunden sein, um eine Depolarisation der an der Innenseite negativen Membran zu erzeugen.
 Die Messelektrode muss in unmittelbarer Nähe zur Reizelektrode eingestochen werden, damit ein lokales Potenzial, das mit der Ausbreitung rasch schwächer wird, registriert werden kann.
8. Eine Nervenfasers wird in eine Salzlösung gelegt, die nur die Hälfte der Menge an Natriumchlorid enthält, die normalerweise in der extrazellulären Flüssigkeit vorkommt. Um die normalen Salzkonzentration der Lösung zu erreichen wurde Kaliumchlorid zugesetzt.
 - 8.1. Wie ändert sich das Ruhepotenzial dieser Nervenfasers? Begründung!
 RP wird positiver: Im Ruhezustand ist die Membran gut durchlässig für Kaliumionen. Da das Außenmedium jetzt mehr Kaliumionen enthält, verringert sich das Konzentrationsgefälle zwischen außen und innen. Es strömen mehr Kaliumionen ein, die die negativen Ladungen von organischen Anionen aufheben, und das Potenzialgefälle sinkt.
 - 8.2. Wie ändert sich das Aktionspotenzial dieser Nervenfasers bei einer künstlichen Reizung? Begründung!
 Das AP erreicht nicht mehr den Spitzenwert von +30 mV: Durch die künstliche Reizung wird die Permeabilität für Natriumionen kurzfristig erhöht. Da die Natriumionenkonzentration geringer ist, erfolgt ein geringerer Natriumioneneinstrom. Die Depolarisation ist weniger stark.
9. Was passiert, wenn man in die Mitte eines Axons eine Reizelektrode einführt, mit deren Hilfe man
 - 9.1. das Ruhepotenzial um 10 mV positiver macht?
 Depolarisation (lokales Potenzial)
 - 9.2. das Ruhepotenzial um 50 mV positiver macht?
 AP, das sich in beide Richtungen ausbreitet
 - 9.3. das Ruhepotenzial um 10 mV negativer macht?
 Hyperpolarisation
10. Was geschieht, wenn das Axon einer Nervenzelle durch zwei ins Innere des Axons führende Reizelektroden am Axonanfang und am Axonende gleichzeitig überschwellig positiv gereizt wird? Begründung!
 An beiden gereizten Stellen entsteht ein AP. Die beiden APs wandern aufeinander zu. Beim Aufeinandertreffen löschen sie sich wegen der absoluten Refraktärzeit gegenseitig aus.
11. An einer myelinisierten Nervenfasers werden drei Schnürringe experimentell blockiert. Das Aktionspotenzial breitet sich dennoch über das ganze Axon aus.
 - 11.1. Welche Schlussfolgerung kann man aus dieser Beobachtung ziehen?
 Die Depolarisierung reicht so weit, dass auch noch der auf die blockierten Schnürringe folgende Schnürring depolarisiert wird.

- 11.2. Begründen Sie, ob die Geschwindigkeit der Erregungsübertragung dadurch gleich bleibt oder ob sie sich verändert.

Leitungsgeschwindigkeit verringert sich, da es von der Stärke des überschwelligen Reizes abhängt, wie schnell sich ein AP ausbildet. Da bei der Ausbreitung des elektrischen Feldes über drei blockierte Schnürringe hinweg die Depolarisierung nur noch schwach überschwellig ist, dauert es länger, bis sich das AP aufbaut (Na^+ -Aufschaukelungsprozess)

12. Bei einem Axon wird ein Teil der Natriumionen im Außenmedium durch Calciumionen ersetzt. Welchen Einfluss hat diese Maßnahme auf das Aktionspotenzial? Begründung!

Da das Natriumionen-Konzentrationsgefälle zwischen außen und innen geringer wird, strömen beim Auslösen eines APs weniger Natriumionen nach innen. Es entsteht wahrscheinlich kein volles AP, sondern eventuell nur ein lokales Potenzial.

13. Wieso sind Nerven hinsichtlich der Informationsleitung (etwa im Gegensatz zu Telefondrähten) Einbahnstraßen? Welche anatomische Notwendigkeit im Bezug auf die Erregungsleitung vom und zum Gehirn ergibt sich daraus? Geben Sie eine Begründung für Ihre Antwort!

Ein AP kann aufgrund der Refraktärzeit nur in eine Richtung weitergeleitet werden. Nach der Auslösung eines AP kann der soeben erregte Axonabschnitt etwa 2 ms lang nicht mehr erregt werden. Aus diesem Grund können auch nicht gleichzeitig oder kurz hintereinander zwei APs in entgegengesetzte Richtungen geleitet werden. Der Organismus benötigt daher zwei eigene Leitungsstränge für die Erregungsleitung vom und zum Gehirn, nämlich die efferenten und die afferenten Fasern.

14. In einer Nährlösung (NaCl , KCl und Glucose als Energielieferant) befinden sich drei miteinander verbundene marklose Nervenzellen (von links nach rechts: 1, 2 und 3). Jeweils in der Mitte der drei Axone sind Glaselektroden eingeführt. Das mittlere Axon (2) wird mithilfe der Glaselektrode um 50 mV depolarisiert. Wird sich das Ruhepotenzial des linken Axons (1) und dass Ruhepotenzial des rechten Axons (3) verändern? Begründung!

Das RP des linken Axons (1) ändert sich nicht, das des rechten Axons (3) ändert sich. Durch die überschwellige Depolarisation entsteht im mittleren Axon (2) ein AP, das sich in beide Richtungen ausbreitet. Am Axonende wird es durch die Synapse auf das rechte Neuron (3) übertragen und kann in diesem nachgewiesen werden. Das AP das in Richtung des Somas des mittleren Neurons wandert, wird am Soma gestoppt bzw. nicht auf das Axon 1 übertragen.

15. Ein isoliertes Axon wird einige Zeit in Kaliumcyanidlösung gelegt. Erklären Sie, welche Konsequenzen sich daraus für aufeinanderfolgende Aktionspotenziale ergeben, wenn anschließend mehrmals hintereinander gereizt wird.

Durch Kaliumcyanid wird die ATP-Bildung in der Atmungskette der Zellatmung blockiert. Da die Na-K-Pumpe ohne ATP nicht mehr arbeiten kann, wird das Konzentrationsgefälle von Na^+ und K^+ geringer. Die Amplitude des AP wird immer kleiner.

16. Welche Aussagen sind richtig?

Nachdem der Spitzenwert eines Aktionspotenzials überschritten ist, wird die Repolarisierung der Membran bewirkt durch

- a) die geringe Erhöhung der intrazellulären Na^+ -Konzentration bei der Erregung.
- b) den Ausstrom von Kaliumionen.
- c) das Abbrechen des Na^+ -Einstroms.
- d) die Wiederherstellung der ursprünglichen Permeabilitätsverhältnisse.
- e) das Entfernen der eingedrungenen Natriumionen durch die Natrium-Kalium-Pumpe.

17. Durch welche der folgenden Faktoren wird die Leitungsgeschwindigkeit einer Nervenfasern erhöht?

- a) Vergrößerung des Faserdurchmessers
- b) Verkleinerung der Ruhepotenzialdifferenz um 10 mV
- c) Vorhandensein einer Myelinscheide
- d) Erniedrigung der extrazellulären Na^+ -Konzentration
- e) Erhöhung der extrazellulären K^+ -Konzentration